**Ткаченко Володимир Борисович. Наукові основи створенння та вдосконалення систем терморегулювання транспортних комплексів радіоелектронної апаратури : Дис... д-ра наук: 05.05.14 - 2003.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Ткаченко В. Б. Наукові основи створення та вдосконалення систем терморегулювання транспортних комплексів радіоелектронної апаратури. Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. За спеціальністю 05.05.14 – Холодильна і кріогенна техніка, системи кондиціонування. Одеська державна академія холоду, м. Одеса, 2002 р.  Цю роботу присвячено постановці і частковому розв’язанню проблеми створення наукових основ проектування і вдосконалення систем терморегулювання (СТР) для пересувних обслуговуваних комплексів (ТК) РЕА з використанням останніх в галузі теплових труб. Реалізація положень теорії здійснюється через систему запропонованих машинно-орієнтованих методів розрахунку, алгоритмів і програмних засобів, а також через експериментальне моделювання та дослідно-конструкторські розробки нових технічних рішень, що забезпечують вдосконалення СТР ТК РЕА. Показано, що використання здобутих результатів визначає технічні рішення, які забезпечують зниження енергоспоживання СТР на 30…60%, а також стабільне підтримання температур поверхонь РЕА, не вищих за 65єС, що сприятливо позначається на надійності РЕА**.** | |
| |  | | --- | | 1. Традиційні шляхи розвязання проблеми кондиціонування повітря обслуговуваних приміщень ТК РЕА і організації надійного терморегулювання приладів та пристроїв електронної апаратури ґрунтуються на незалежній розробці СКП і СТР та спрощеному “адитивному” підході до визначення навантажень і основних параметрів джерел штучного холоду та засобів вентиляції. Основні технічні рішення базувалися переважно на балансових співвідношеннях без належного врахування впливу локальних і загальних теплових провідностей, без аналізу шляхів раціоналізації структури потокорозподілу і синтезу оптимальних структур. Такий підхід призводить до невиправданого завищення матеріальних, енергетичних та вартісних витрат на створення СТР ТК РЕА і не сприяє підвищенню їх надійності та вдосконаленню. Залежно від повної потужності, яка виділяється при роботі електронної апаратури, густин поверхневих теплових потоків і температурних обмежень, у ТК РЕА можливі різні співвідношення між тепловими навантаженнями для “активних” і “пасивних” СТР. При “малому внеску” теплових потужностей “пасивних” СТР доцільно застосування єдиної АСТР. В інших випадках перспективні варіанти комбінування АСТР і ПСТР. 2. Формування узагальненої структури та ієрархії теплових звязків у СТР для ТК РЕА, основою яких є ранжирування пріоритетів теплових звязків за І, ІІ і ІІІ рівнями, за умови кращого вибору теплових звязків вищого рівня є ефективним засобом селекції множини найбільш перспективних можливих схемних рішень, які підлягають подальшому математичному та експериментальному моделюванню. 3. Форми і задачі теплофізичного моделювання СТР ТК РЕА істотно різні для умов, коли прилади та елементи РЕА розташовані у внутрішньому обємі контейнера і коли РЕА скомпонована у приладових шафах, стояках, пультах, для яких визначені обмеження за температурами і витратами повітря на охолодження та аеродинамічними характеристиками. При теплофізичному моделюванні СТР ТК РЕА, скомпонованих у приладових шафах і для яких сформульовано обмеження за тепловологісними режимами, доцільно сконцентруватися на розвязанні задач синтезу оптимальних структур потокорозподілів. 4. Математичне моделювання СТР ТК РЕА “малої теплонапруженості” грунтується на модифікованій концепції “узагальненої теплової провідності”, в якій, на додаток до традиційного підходу, враховується вплив розподілу повітря. Витрати повітря для забезпечення теплових режимів РЕА не задаються, а визначаються з умов обмежень за температурним режимом РЕА, тепловологісним режимом операторів для відібраних ефективних структур потокорозподілів. 5. Сукупність математичних моделей оптимальних конструктивно-технологічних рішень відведення тепла від корпусу контейнера базується на модифікованому методі узагальненої теплової провідності і дозволяє розвязувати такі задачі, як:   обрання оптимальної товщини внутрішньої ізоляції корпусу контейнера ТК РЕА;  обрання раціональних схемних рішень організації індивідуального тепловідведення від корпусу контейнера, включаючи повітряне або рідинне охолодження корпусу, застосування двофазних тепловідводних контурів або теплових труб і т. д.   1. Суттєво нестаціонарний характер граничних теплових режимів корпусу контейнера припускає за необхідне при розрахунково-теоретичному аналізі теплових режимів СТР ТК РЕА орієнтуватися не на максимальне значення температури навколишнього середовища і максимальний тепловий потік, а на деякі розрахункові значення **(qomax)розр**. та **(tнсmax)розр**., які при об’єктивному врахуванні акумуляційних властивостей стінки можуть виявитися суттєво нижчими від тих значень, що приймають у традиційних методах розрахунку. Таким чином можна суттєво знизити вимоги за граничними тепловими навантаженнями на СТР. 2. Вибір оптимальних структур потокорозподілу визначається комбінуванням таких обєктів та їх груп, як: “оператори”, “корпус”, “прилади”, “оператори + корпус”, “оператори + прилади” і т. п., у формі послідовно-паралельних мереж повітропроводів. Для кожної структури існує оптимальне значення температури повітря на виході з обєкту **tп** (або на вході в обєкт **tп.**), при якому досягаються мінімальні значення енерговитрат, холодопродуктивності або компромісного критерію оптимальності. На відміну від традиційного для СКП вибору як комфортних умов значень температури і вологості на виході із кондиційованого приміщення, у ТК РЕА об’єктивним буде регламентація умов для потоку повітря, що подається до об’єктів з кондиціонера. Відповідно змінною величиною у цьому випадку стане температура і вологість повітря на виході. 3. Числові дослідження загальних характеристик і параметрів СТР ТК РЕА показали: 4. прийняття як обмеження температурно - вологісних умов на виході з обєму контейнера несприятливо відбивається на показниках СТР; 5. при завданні температурно - вологісних обмежень на вході у контейнер загальні тенденції впливу параметрів на показники СТР визначаються так: із зростанням **tп** знижуються питомі витрати енергії і тим сильніше, чим вище **tнс**. Зростання **tнс** збільшує витрати енергії, при допустимих для корпусів РЕА температур [**t**доп.] 60єС і порівнюваних умовах тепловідведення між РЕА і підсистемою “корпус + оператори” визначальний внесок у показники СТР вносять підсистеми “оператори + корпус”. При зниженні **[t**доп**.]** до 30 ...40єС і зростанні співвідношення **Q**РЕА**/Q**оп ситуація змінюється, вплив РЕА на загальні показники СТР ТК РЕА стає визначальним. При цьому здійснюється перехід від монотонних залежностей для показників СТР ТК РЕА до немонотонних з існуванням екстремумів. Для таких показників як холодопродуктивність, енерговитрати для підсистем “оператори + корпус” точки екстремуму виникають у природних діапазонах визначальних температур **t**п. (або **tп.)** від 10 до 30є С. 6. Зіставлення основних показників СТР ТК РЕА за оптимальних умов, здобутих на підставі розробленої теорії з даними, що можна встановити, використовуючи традиційний підхід, свідчать про те, що здебільшого традиційні методи визначають потрібні показники СТР з **великими резервами**, які навряд чи можна виправдати.   Особливо істотне збереження цих резервів досягається:  при переході від традиційної схеми паралельного потокорозподілу до оптимальних варіантів паралельно-послідовного потокорозподілу;  при переході від температурно - вологісних обмежень на виході з контейнера до прийняття комфортних умов для повітря на вході у контейнер.   1. Організація тепловідведення на основі кондуктивно - випарних пристроїв для СТР ТК РЕА перспективна за всіма схемними і конструктивно-технологічними рішеннями СТР РЕА від 1-го і до 4-го рівнів тепловідведення. На кожному рівні раціональний “додаток” технології ТТ для вдосконалення СТР дозволяє за рахунок зниження температурних перепадів, зменшення величини повних термічних опорів досягати зниження робочих температур елементів РЕА, що веде до підвищення надійності, зниження енерговитрат та тепловідведення, зменшення маси і ґабаритів пристроїв тепловідведення. 2. Впровадження технології ТТ у конструктивно-технологічні рішення СТР РЕА на 1-му рівні підвищує ефективність тепловідведення від елементів РЕА при:   відведенні тепла від герметичних блоків або вузлів;  щільному компонуванні тепловидільних елементів, розташованих поблизу маґістральних повітропроводів;  збільшенні теплорозсіювальної здатності тепловідводів за рахунок використання властивостей ТТ трансформації теплового потоку. Перехід від традиційних конструкцій з твердими теплостоками до тепловідводів на основі ТТ дозволяє в 1,5 ...3 рази знизити перегрівання і відповідно покращити головні характеристики СТР.   1. Застосування технології ТТ на 4-ому рівні СТР в цілому раціональне в двох основних формах:   шляхом зміни структури теплопередавальної мережі в СТР ТК РЕА і організації повного або часткового тепловідведення від РЕА на корпус контейнера або безпосередньо в навколишнє середовище через ТТ;  шляхом використання ТТ, ВТС або автономних двофазних контурів як альтернативи традиційних теплових звязків (газова конвекція, металеві теплостоки та інш.).  Використання технології ТТ на 4-му рівні буде успішним, якщо на основі ТТ або ВТС може бути розвязана задача створення квазіізотермічного корпусу контейнера.   1. Аналіз розглянутих вище шляхів підвищення енергетичної ефективності СТР ТК РЕА з використанням кондуктивного тепловідведення і найновіших технологій ТТ, а також раціональної організації розподілу повітряних потоків всередині комплексу показав, що порівняно з існуючою практикою реально розроблюваних обєктів є можливість істотного зниження енергоспоживання для комплексів малої теплонапруженості (до 2-х кВт) на 30...60% і для потужніших ТК РЕА (до 20...25кВт) – на 50...70%. | |